



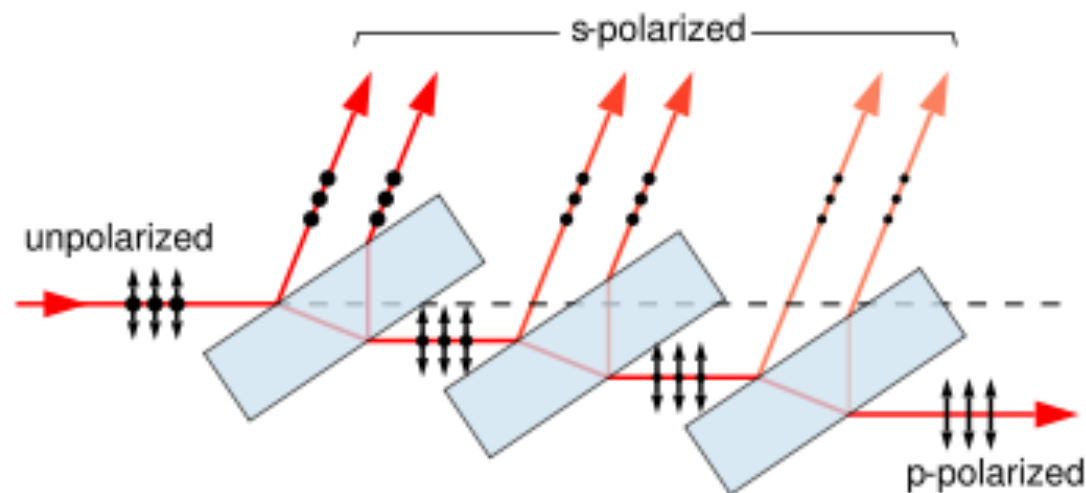
# Física Experimental IV - 11ª aula

# Experiência III - Polarização da luz

- Objetivos – Estudar o fenômeno de polarização da luz
  - Semana 1 – Lei de Malus
  - Semana 2 – Atividade óptica de elementos
    - Estudo da birrefringência em soluções de açucares
  - Semana 3 – Polarização por reflexão

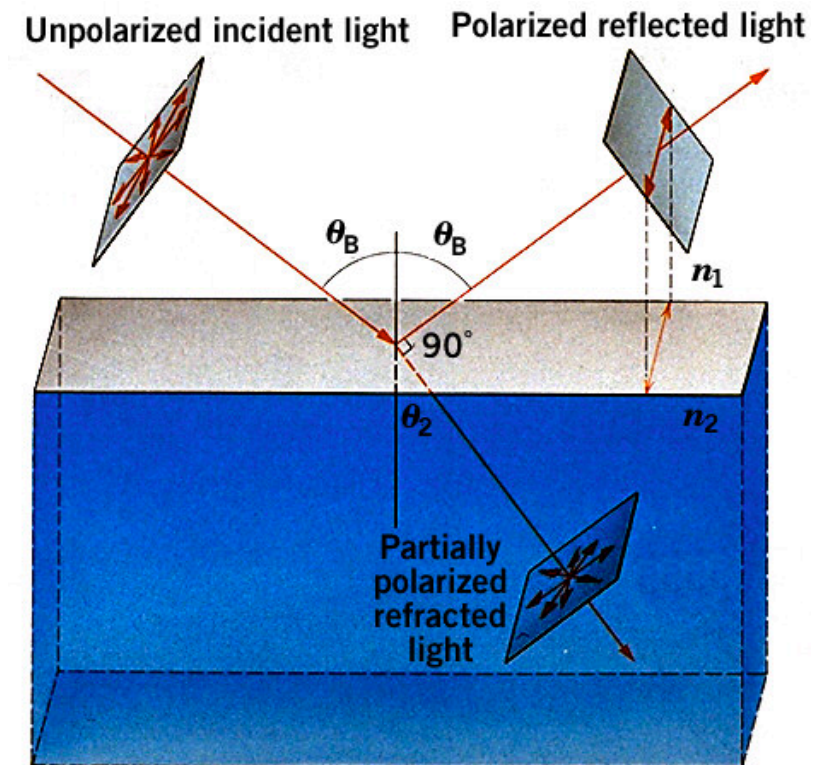
# Polarizador por reflexão

- Ao incidir sobre uma superfície refratora/refletora, dependendo do ângulo de incidência, a luz refletida e refratada são polarizadas



# Polarização por reflexão

- Onda não polarizada incidente em uma superfície
- As ondas refletida e refratada possuem diferentes graus de polarização, dependendo das cond. contorno
  - Ângulo de incidência
  - Índices de refração



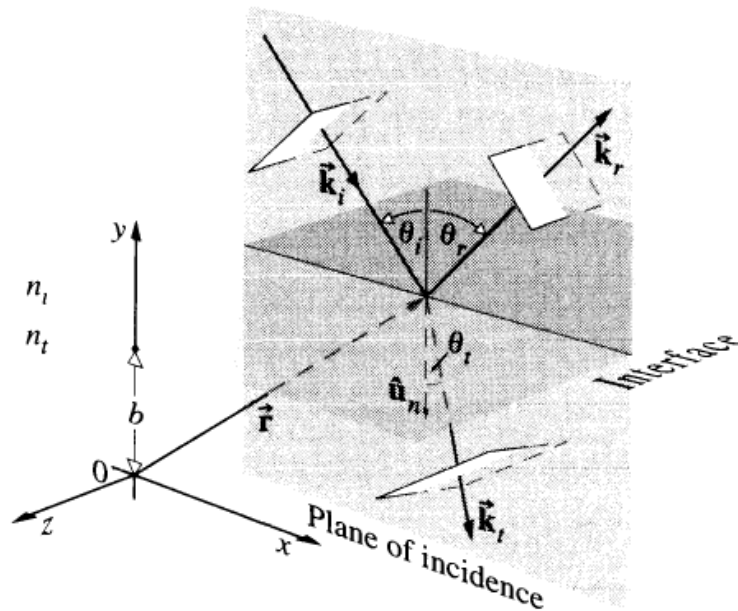
# Alguns exemplos



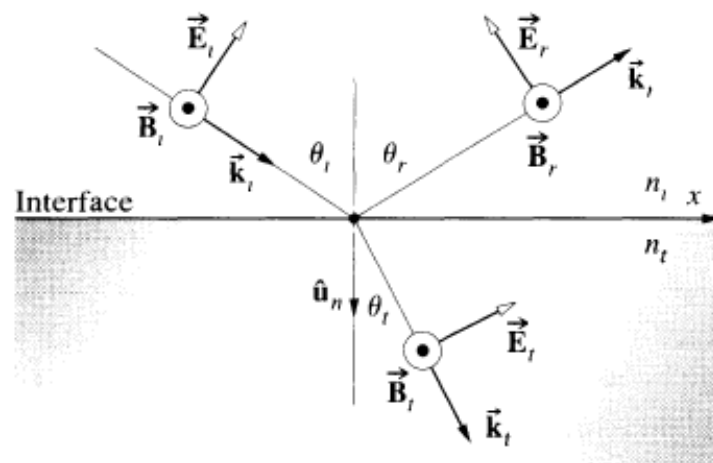
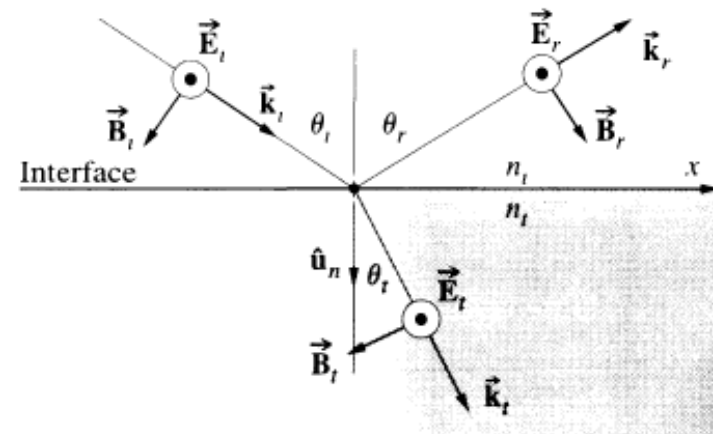
# Motivação teórica

## Ver Hecht, seção 4.6

- Uma onda não polarizada pode ser decomposta em duas componentes:



Campo transversal ao plano

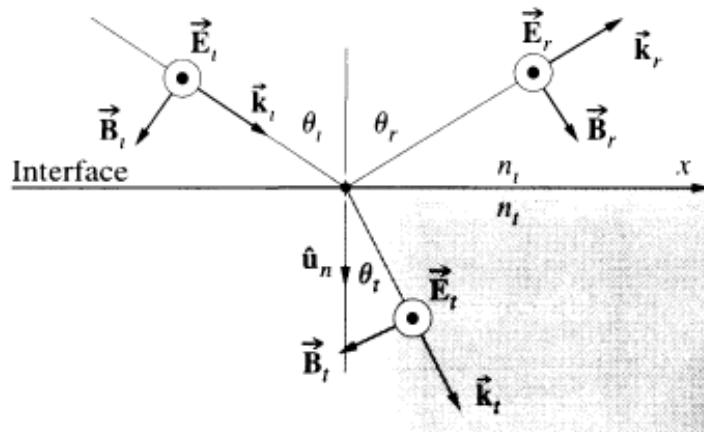


Campo paralelo ao plano

# Motivação teórica

## Ver Hecht, seção 4.6

- Condições de contorno na superfície:
  - Meios dielétricos  $\rightarrow \mu \sim \mu_0$
  - Continuidade dos campos tangenciais à superfície



$$E_{tg}^{meio1} = E_{tg}^{meio2}$$

$$E_i + E_r = E_t$$

$$B_{tg}^{meio1} = B_{tg}^{meio2}$$

$$B_i \cos \theta_i - B_r \cos \theta_r = B_t \cos \theta_t$$

$$B = E / v$$

$$n = \frac{c}{v}$$

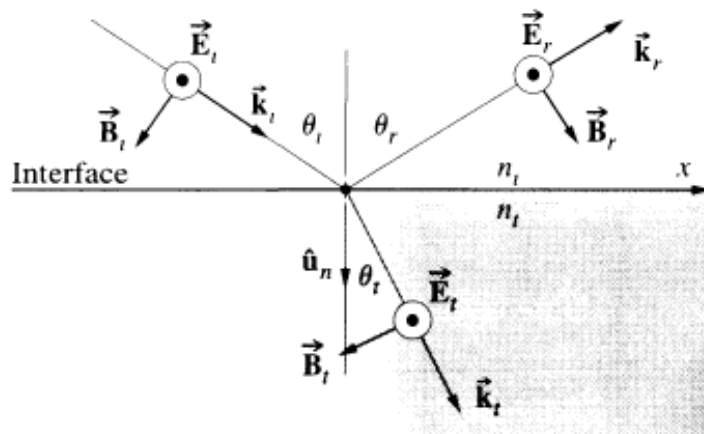
# Motivação teórica

## Ver Hecht, seção 4.6

- Define-se coeficientes de reflexão para o campo elétrico:

$$r = \frac{E_r}{E_i}$$

$$r_{\perp} = \frac{n_i \cos \theta_i - n_t \cos \theta_t}{n_i \cos \theta_i + n_t \cos \theta_t}$$



- Usando a lei de Snell

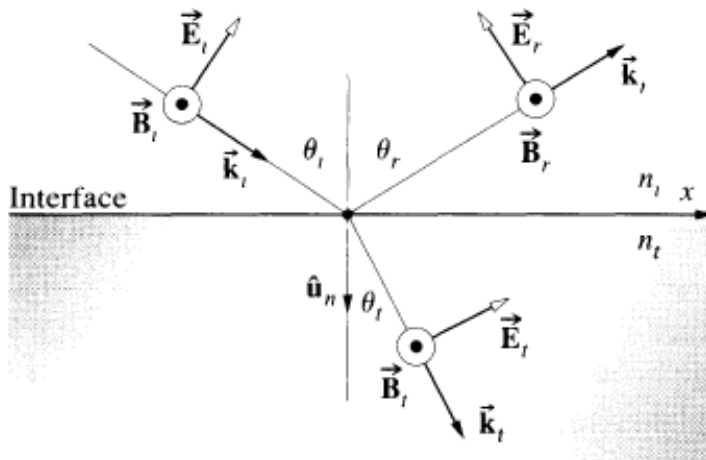
$$r_{\perp} = -\frac{\sin(\theta_i - \theta_t)}{\sin(\theta_i + \theta_t)}$$



# Motivação teórica

## Ver Hecht, seção 4.6

- Condições de contorno na superfície:
  - Meios dielétricos  $\rightarrow \mu \sim \mu_0$
  - Continuidade dos campos tangenciais à superfície



$$E_{tg}^{meio1} = E_{tg}^{meio2}$$

$$E_i \cos \theta_i - E_r \cos \theta_r = E_t \cos \theta_t$$

$$B_{tg}^{meio1} = B_{tg}^{meio2}$$

$$B_i + B_r = B_t$$

$$B = E / v$$

$$n = \frac{c}{v}$$

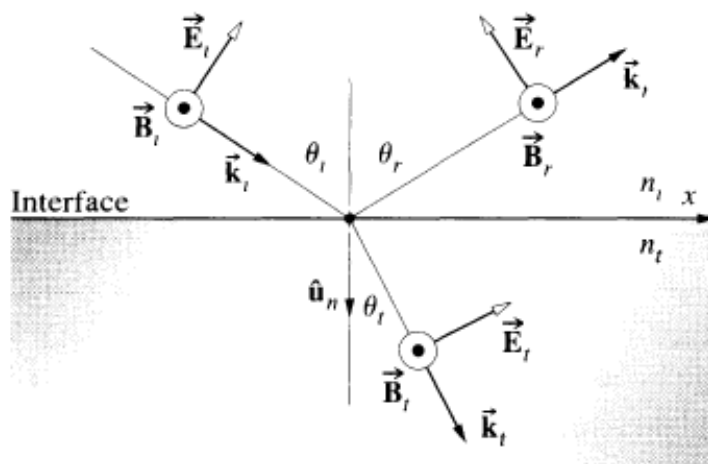
# Motivação teórica

## Ver Hecht, seção 4.6

- Pode-se calcular o coeficiente de reflexão, da mesma forma que anterior

$$r_{//} = \frac{n_t \cos \theta_i - n_i \cos \theta_t}{n_t \cos \theta_i + n_i \cos \theta_t}$$

- Note que os índices de refração estão trocados em relação ao outro caso
- Usando a lei de Snell

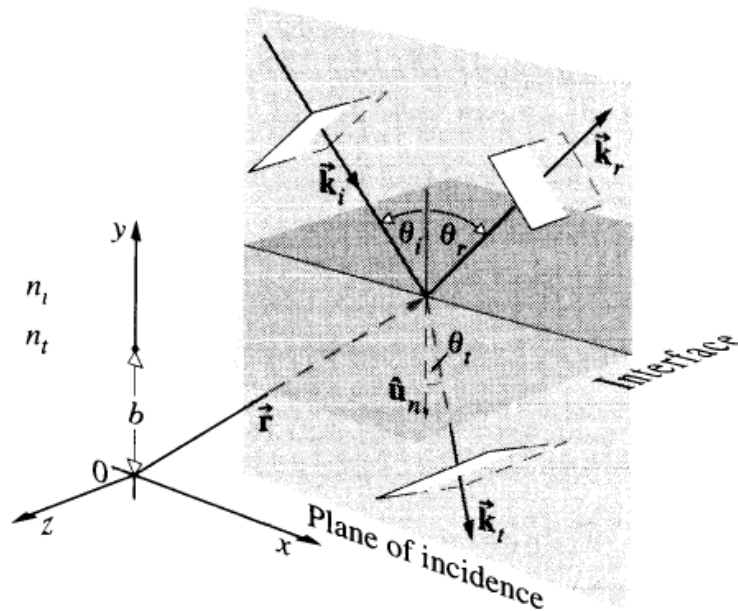


$$r_{//} = \frac{\tan(\theta_i - \theta_t)}{\tan(\theta_i + \theta_t)}$$

# Motivação teórica

## Ver Hecht, seção 4.6

- Ou seja, para uma luz incidente com polarização genérica, temos:



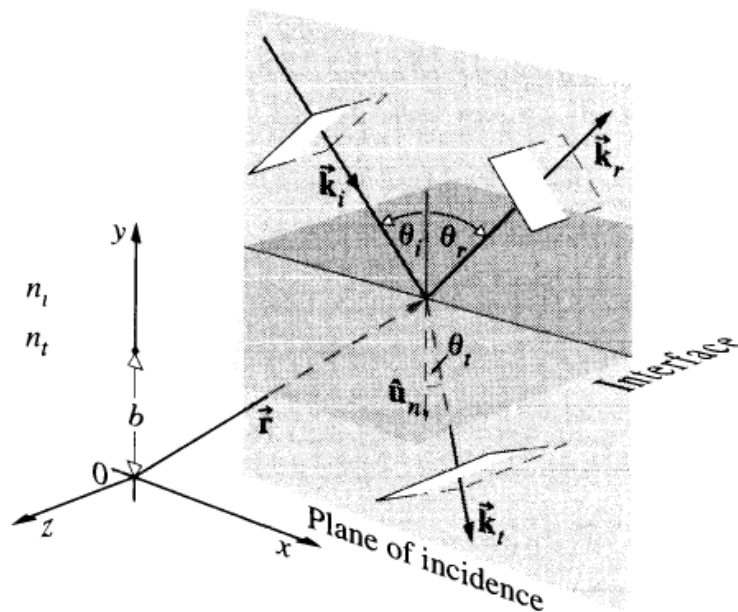
$$r_{\perp} = -\frac{\sin(\theta_i - \theta_t)}{\sin(\theta_i + \theta_t)}$$

$$r_{\parallel} = \frac{\tan(\theta_i - \theta_t)}{\tan(\theta_i + \theta_t)}$$

# Motivação teórica

## Ver Hecht, seção 4.6

- Como medimos intensidade luminosa, definimos os coeficientes de reflexão como sendo a razão entre as intensidades. Como  $I \propto E^2$



$$R_{\perp} = \frac{\sin^2(\theta_i - \theta_t)}{\sin^2(\theta_i + \theta_t)}$$

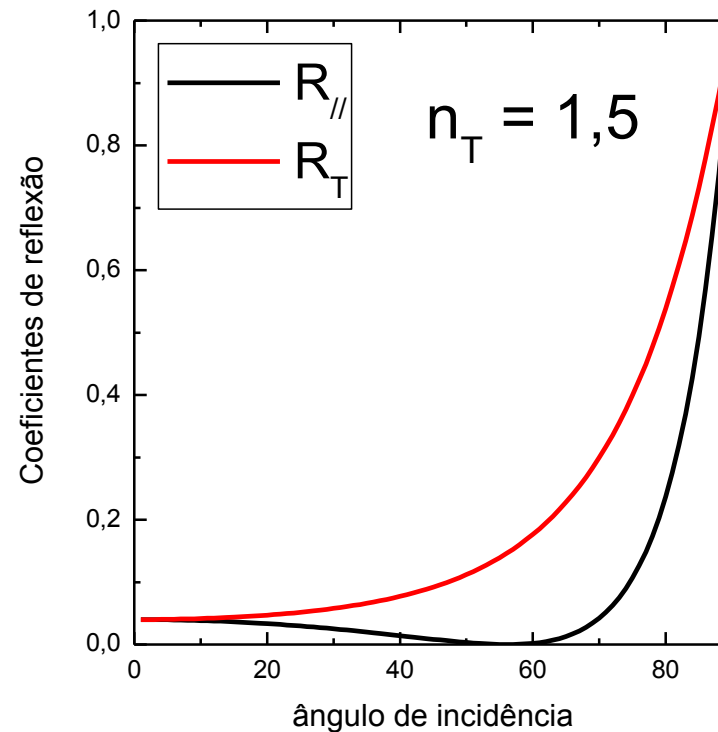
$$R_{\parallel} = \frac{\tan^2(\theta_i - \theta_t)}{\tan^2(\theta_i + \theta_t)}$$

# Polarização por reflexão

- Coeficientes de reflexão ( $R = I/I_0$ )

$$R_{\perp} = \frac{\sin^2(\theta_i - \theta_t)}{\sin^2(\theta_i + \theta_t)}$$

$$R_{\parallel} = \frac{\tan^2(\theta_i - \theta_t)}{\tan^2(\theta_i + \theta_t)}$$

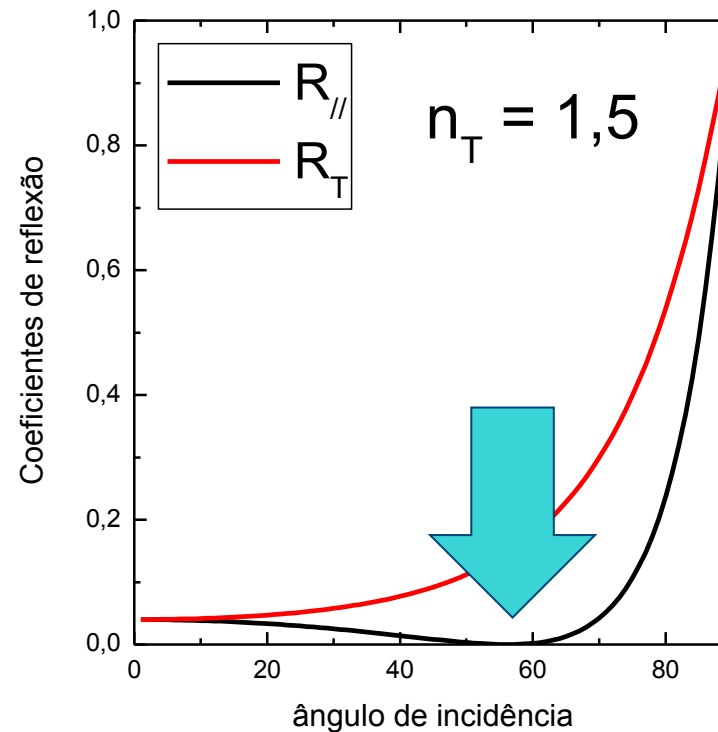


# Polarização por reflexão

- Em um dado ângulo a componente // da luz refletida tem intensidade 0
- Luz totalmente polarizada na outra direção (transversal)

$$R_{//} = \frac{\tan^2(\theta_i - \theta_t)}{\tan^2(\theta_i + \theta_t)}$$

$$\theta_i + \theta_t = 90^\circ$$



# Polarização por reflexão

- O ângulo no qual a luz refletida é totalmente polarizada é chamado:

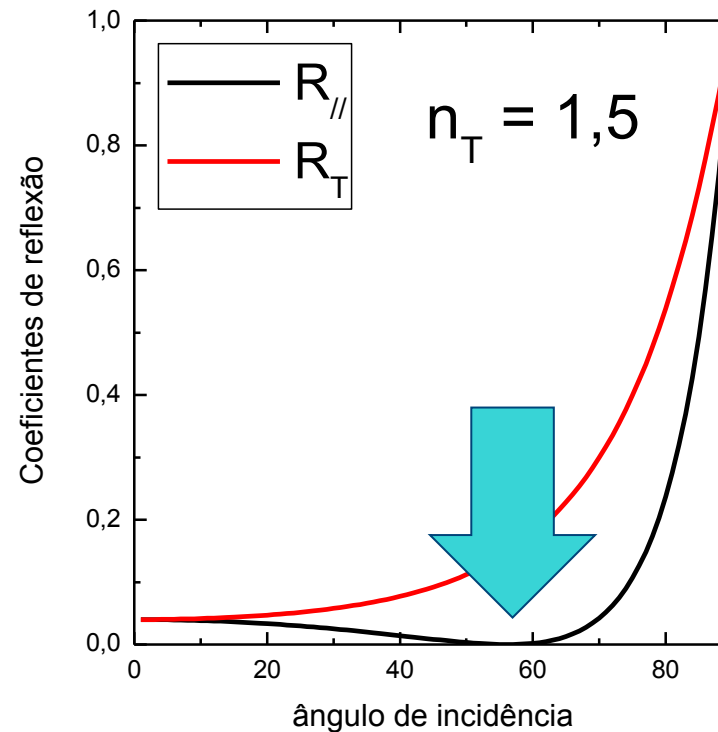
- Ângulo de Brewster

$$\theta_B + \theta_t = 90^\circ$$

$$n_i \sin \theta_B = n_t \sin \theta_t$$

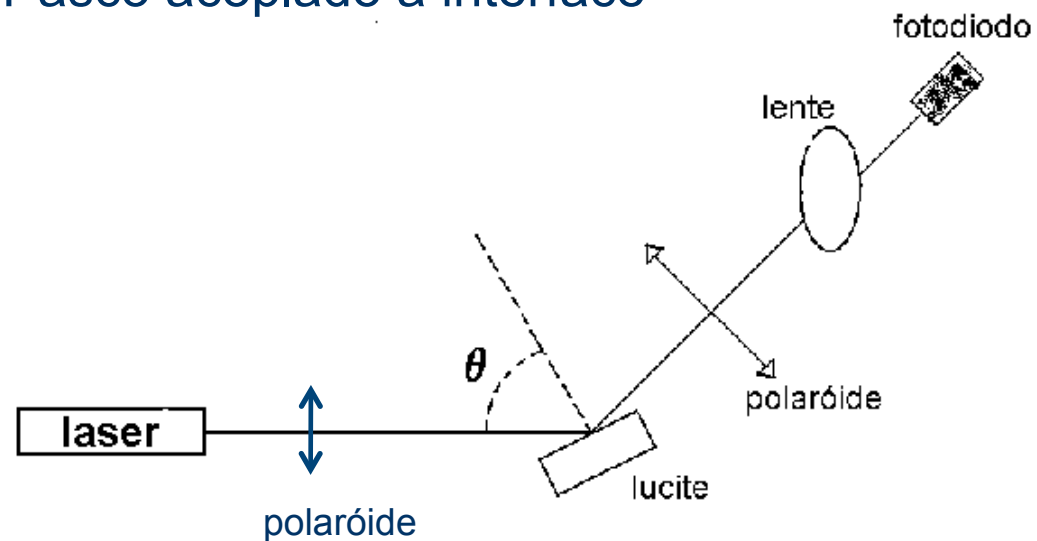
$$n_i \sin \theta_B = n_t \cos \theta_B$$

$$n_t = \tan \theta_B$$



# Polarização por reflexão: arranjo experimental

- Laser
- um suporte com escala angular com um braço fixo e um móvel
- 2 polaróides com escala angular
- sensor de luz da Pasco acoplado à interface (DataStudio)
- bloco de lucite
- lente auxiliar





# Polarização por reflexão: arranjo experimental

- O polarizador na frente do laser deve ser colocado em  $45^\circ$ , e tem o objetivo de evitar os efeitos de uma possível polarização circular residual do laser. Se o laser estiver estável ele não precisa ser usado.
- Há dois feixes refletidos no bloco de lucite: um na primeira interface de separação entre os meios e outro na segunda. Certifique-se de estar colocando no detector o feixe correto.



laser

polarizador de entrada

braço móvel

polarizador para seleção de  $I_{//}$  e  $I_{\perp}$

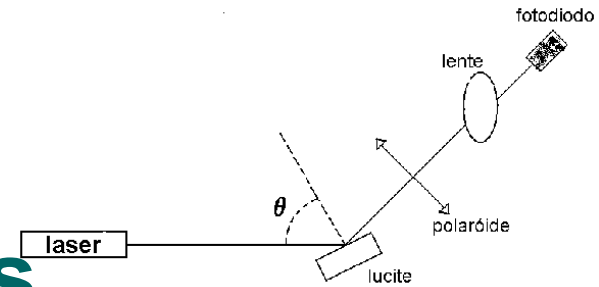
fotosensor Pasco

suporte giratório do bloco de lucite com escala angular

bloco de lucite

fenda na entrada do foto sensor

# Cuidados experimentais



- Cuidado com o alinhamento do sistema
- Em geral o ganho do sensor em (x1) é adequado. Não esqueça de verificar no DataStudio se o ganho está de acordo com o escolhido no sensor.
- Se verificar algo que não está de acordo com o esperado, pense.
  - O Laser é estável? O que fazer se não for?
  - Há outros cuidados a serem tomados?

# Atividades para polarização por reflexão

- Meça as intensidades paralela e perpendicular variando o ângulo de incidência.
- Para cada ângulo, faça duas medidas:
  - Intensidade paralela (polarizador em  $90^\circ$ ),
  - Intensidade perpendicular (polarizador em  $0^\circ$ )
- Você não estará medindo os coeficientes de reflexão, mas algo proporcional a eles. Para resolver esse problema, apresente a razão  $I_{//}/I_{\perp}$ . Isso é  $R_{//}/R_{\perp}$ ? Justifique.
  - O que ocorre se o polarizador inicial não estiver a  $45^\circ$  ?
- Ajuste a curva teórica para essa razão à que você mediu.
  - Determine o ângulo de Brewster e o índice de refração do bloco de lucite. Compare com os resultados obtidos por seus colegas